

## TÓPICO 1 – (Patologías de las construcciones)

### Causas de deterioro en estructuras emplazadas en la zona de Bahía Blanca

C. Priano<sup>1,a</sup>, S. Marfil<sup>2,b</sup>, L. Señas<sup>1,c</sup>, P. Maiza<sup>3,d</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería, UNS, Av. Alem 1253. (8000) - Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.  
Te: 0291-4595103. Int. 3223.

<sup>2</sup> Dpto. Geología, UNS, Av. Alem 1253. (8000) - Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.  
Investigador Independiente CIC-INGEOSUR.

<sup>3</sup> Dpto. Geología, UNS, Av. Alem 1253. (8000) - Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.  
Investigador Principal CONICET- INGEOSUR.

<sup>a</sup> cpriano@uns.edu.ar , <sup>b</sup> smarfil@uns.edu.ar , <sup>c</sup> lsenas@uns.edu.ar , <sup>d</sup> pmaiza@uns.edu.ar

**Palabras-clave:** hormigón, deterioro, fallas

#### Resumen

Se estudiaron obras de hormigón armado emplazadas en la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia, de diferentes edades y tipologías estructurales y ubicadas en ambientes de distinta agresividad. A partir de la información recabada en los trabajos de campo y los correspondientes ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas, fue posible determinar los factores que desencadenaron los procesos detrimentales detectados en las estructuras evaluadas.

Las causas del deterioro fueron clasificadas en cinco grupos, de acuerdo a la etapa del proceso constructivo en la que se verificó la falla: en la de proyecto o diseño; en la de ejecución o construcción; en la de uso y mantenimiento; debido a materiales y fallas por accidentes o siniestros.

De acuerdo a los estudios realizados se manifiesta claramente la elevada incidencia que tienen las fallas que se cometen en las etapas de proyecto y ejecución sobre el comportamiento en servicio de las estructuras.

El deterioro prematuro de las estructuras de hormigón, emplazadas en diferentes ambientes, es cada vez mayor, a pesar de los avances en el conocimiento de las causas que provocan su degradación. Del análisis de los problemas de durabilidad en los casos estudiados, se observa la falta de aplicación de los conocimientos tecnológicos disponibles.

#### Introducción

Todos los materiales se degradan en contacto con el medio ambiente y evolucionan hacia formas más estables. Dicha transformación produce la degradación del hormigón afectando no solo sus propiedades sino también la propia funcionalidad de la estructura y en ocasiones su aspecto estético.

Las estructuras de hormigón se diseñan para una vida en servicio de por lo menos 50 años, aunque el inicio del proceso de deterioro puede presentarse prematuramente, a los 10 o 20 años. Las reparaciones no contempladas generan pérdidas económicas además de inconvenientes de funcionalidad y necesidad de utilizar nuevos recursos naturales.

Para que una estructura mantenga buenas condiciones de servicio durante el ciclo de vida para el cual fue proyectada, resulta fundamental un minucioso estudio durante la etapa de diseño, un estricto control sobre los

procesos constructivos y los materiales utilizados en la etapa de ejecución y un adecuado mantenimiento durante su vida útil.

En todo proceso constructivo intervienen: el comitente, quien debe definir correctamente lo que necesita, los profesionales que proyectan, calculan y dirigen la obra, los contratistas que construyen y por último, el usuario que es responsable del correcto uso de la obra y del mantenimiento adecuado durante su vida útil. Cada uno de ellos, por acción u omisión, pueden generar errores o fallas y consecuentemente, afectar la durabilidad de la obra.

De acuerdo a la etapa del proceso constructivo en la que se verifica una falla o error, se puede clasificar la causa del deterioro en cinco grupos:

- fallas en la etapa de proyecto o diseño: se tiene el mayor control de la situación, por lo cual es fundamental que se conozcan los mecanismos de deterioro más frecuentes a que puede estar sometida la estructura durante su vida en servicio, para adoptar los recaudos de diseño y establecer las especificaciones adecuadas.
- fallas en la etapa de ejecución o construcción: se debe supervisar la mano de obra para lograr una buena práctica constructiva. De nada sirve que el proyecto y los materiales elegidos sean los adecuados si en el momento de materializarse en la obra no se toman las correspondientes precauciones. Algunos autores sostienen que las fallas cometidas en esta etapa son los responsables de los mayores problemas de durabilidad. El 51% de las fallas en estructuras de hormigón se producen en la etapa de ejecución [1].
- fallas en la etapa de uso y mantenimiento: el mantenimiento comprende una inspección periódica de la estructura, detectar fallas, establecer las posibles causas y llevar a cabo los trabajos de reparación necesarios. Hay dos tipos de mantenimiento: el correctivo, que se lleva a cabo cuando la funcionalidad de una estructura cae por debajo de cierto estándar aceptable y es necesario una reparación; y el preventivo, en el que se interviene antes de que se produzca una falla. Hace algunos años, el punto de vista sostenido por muchos fabricantes de cemento, era que el hormigón no necesitaba mantenimiento, a diferencia del acero, el cual tenía que ser pintado frecuentemente. Incluso en 1969, el Código Británico de la Práctica CP 114 declaraba: "No es necesario mantenimiento estructural para el hormigón denso construido de acuerdo con este código". Ahora se sabe que esto no es cierto, tanto el mantenimiento correctivo como el preventivo son esenciales [2]. Se incluye en este punto las modificaciones en la agresividad del ambiente o las sobrecargas no evaluadas en el proyecto original, como puede suceder en un cambio de destino, en el que las condiciones de uso son diferentes a las previstas en la etapa de diseño.
- fallas debido a materiales: en algunos casos, la falla es debida a la mala calidad del material, pero también puede presentarse el caso de materiales correctos, pero seleccionados erróneamente para un empleo inadecuado. Los daños producidos por defectos en agregados, agua, cementos y aditivos son relativamente bajos en número, pero habitualmente de consecuencias graves y de reparación costosa [1].
- fallas por accidentes o siniestros: acciones naturales o siniestros imprevistos, como por ejemplo terremotos, inundaciones, derrumbes, incendios, explosiones, etc.

La calidad estructural a lo largo de la vida en servicio prevista para una obra, depende de la eficiencia en todas las etapas, desde su origen en el

diseño, su correcta ejecución y hasta el final de la vida prevista con el adecuado mantenimiento. De nada sirve un excelente proyecto con una deficiente ejecución, ni una cuidadosa y bien controlada construcción de un proyecto deficiente. Además, ningún material, por bueno que sea, tolera una mala ejecución. Finalmente, en todos los casos tanto el mantenimiento correctivo como el preventivo son esenciales para que las estructuras de hormigón continúen desarrollando las funciones para las que fueron concebidas, es decir, mantengan su servicialidad durante la esperanza de vida especificada en el proyecto original

La distribución estadística de las causas de deterioro de estructuras ha sido extensamente estudiada en España [1, 3, 4]. Los resultados obtenidos son comparables a los correspondientes a trabajos similares de otros países europeos, en los cuales la etapa de proyecto es la que aparece con mayor frecuencia como responsable de los deterioros registrados.

Las estadísticas correspondientes a países menos desarrollados e industrializados, localizan como causa fundamental de patología de estructuras, a los defectos de ejecución [5]. La estadística brasileña desarrollada refleja claramente esta situación [6, 7].

Un estudio realizado en la Argentina entre los años 1975 y 1990, sitúa a los materiales y a los aspectos constructivos como las causas fundamentales del deterioro registrado en estructuras de hormigón armado [8].

Los principales resultados de las estadísticas e investigaciones citadas [5, 6, 7, 8] se resumen en la Tabla 1. Es interesante analizar los resultados registrados en diversos países y regiones, aunque no es posible efectuar una comparación directa de los valores, debido a la aplicación de diferentes criterios de clasificación.

Tabla 1: Estadísticas de causas de deterioro en diversos países.

País	Ref.	Causa de deterioro (%)				
		Proyecto	Ejecución	Uso y Mant.	Materiales	Accidentes
<b>Alemania</b>	<b>[5]</b>	40	29	9	15	7
<b>Bélgica</b>		49	24	8	12	7
<b>Dinamarca</b>		37	22	9	25	7
<b>Francia</b>		37	51	7	5	---
<b>R. Unido</b>		49	29	10	11	1
<b>Rumania</b>		38	20	11	23	8
<b>España</b>		41	31	11	13	3
<b>Brasil</b>	<b>[6]</b>	18	52	13	7	6
<b>Brasil</b>	<b>[7]</b>	18	52	21	6	9
<b>Argentina</b>	<b>[8]</b>	19	22	10	44	5

En este trabajo se presenta el relevamiento de un conjunto de estructuras ubicadas en la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia, construidas en diferentes etapas tecnológicas y emplazadas en ambientes de distinta agresividad al material. A partir de la información recabada en los estudios de campo y los correspondientes ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de hormigón extraídas en las estructuras relevadas, fue posible determinar los factores que desencadenaron los procesos de deterioro detectados y realizar un análisis estadístico.

## **Materiales y métodos**

Las obras estudiadas fueron ejecutadas entre los años 1950 y 2003, esto implica que la edad de los hormigones oscila entre 9 y 62 años. A continuación se detalla cada una de las doce obras relevadas y los correspondientes años de ejecución y de reparaciones posteriores.

1. Canal Maldonado (1950, 1973 y 1987)
2. Estructura Centro (1968)
3. Autovía de acceso a la ciudad de Bahía Blanca (1995)
4. Pavimentos urbanos (1955-2003)
5. Nave industrial (1995)
6. Puentes sobre la ruta provincial N° 51 (1950)
7. Dique Paso de las Piedras (1970)
8. Aeropuerto Comandante Espora (1962 y 1985)
9. Ruta de circunvalación a la ciudad de Bahía Blanca (1988 y 1993)
10. Viaducto en Ing. White (1980)
11. Espigones en Monte Hermoso (1971)
12. Estructura Av. Argentina en Monte Hermoso (1985)

En cada una de las obras relevadas se tomaron muestras de hormigón. Se evaluó el estado de conservación de las estructuras, se efectuaron diferentes ensayos físicos, químicos y petrográficos sobre el hormigón de las muestras extraídas, se analizaron los resultados obtenidos y se determinaron las causas, principales y secundarias, que desencadenaron los procesos de deterioro en cada una en las estructuras relevadas.

Las causas de las manifestaciones patológicas observadas en cada una de las obras analizadas, fueron clasificadas de acuerdo a la etapa del proceso constructivo en la que se verificó la falla o el error:

- fallas en la etapa de proyecto o diseño;
- fallas en la etapa de ejecución o construcción;
- fallas en la etapa de uso y mantenimiento;
- fallas debido a materiales;
- fallas por accidentes o siniestros.

Las causas de deterioro no son mutuamente excluyentes, el proceso detrimental en una misma estructura, en muchos casos, corresponde a factores concomitantes, independientemente del ambiente en el que se encuentra emplazada. Es por ello que se hicieron dos análisis diferentes: en un primer caso, se tomaron todas las causas de deterioro en forma conjunta, y en una segunda etapa, se adjudicó una sola causa como responsable principal del daño.

## **Resultados**

### **1. Canal Maldonado:**

Se trata de una obra hidráulica constituida por un canal de 6 km de longitud y un vertedero, que permiten la regulación del caudal de agua que escurre por el arroyo Napostá en épocas de fuertes crecidas, derivando el sobrante hacia el canal aliviador Maldonado. El hormigón del canal, construido en el año 1950 fue sometido a 2 reparaciones, una en 1973 y otra en 1987 [10].

El espesor de los hormigones de reparación es considerablemente menor que el original. El hormigón de mayor edad presentó un mejor desempeño que el utilizado en las sucesivas reparaciones (el hormigón más antiguo tiene valores de resistencia de más del doble respecto a la última reparación).

Se observó una falta total de mantenimiento, que se manifiesta por la altura de la vegetación crecida dentro del mismo canal y los depósitos sedimentarios, los cuales provienen de las corrientes de agua superficial que ingresan por los laterales y de los conductos de desagües pluviales que descargan en distintos puntos del canal, reduciendo la sección del mismo.

La falta de estanqueidad, debida a la pérdida del material sellador entre las juntas de dilatación, produjo el ingreso del agua del canal hacia el subsuelo de base, se arrastró el material de sustentación, ocasionando la pérdida del mismo y la consecuente socavación en las losas de fondo.

En el año 1965, se produjo un levantamiento de los niveles freáticos por sobre el nivel de la obra, por lo que las condiciones originales del proyecto del canal se vieron modificadas. Como consecuencia, las losas de hormigón simple fueron sometidas a un estado de carga nuevo para el cual no habían sido diseñadas. Esta nueva sollicitación generó un estado de tensiones en la cara superior de las losas que son sometidas a tracción, pero no existe ninguna armadura para tomar dicho esfuerzo. El hormigón comienza a fisurarse, permitiendo la salida hacia el exterior del agua de la capa freática y se inicia otro ciclo de arrastre de las partículas más finas del suelo de base, con la consecuente socavación de las losas. Este fenómeno se observó en la mayoría de las juntas abiertas y fisuras durante períodos de poco caudal de agua en el canal.

## 2. Estructura Centro:

Es una estructura construida en el centro de la ciudad de Bahía Blanca en el año 1968, con el propósito de ubicar sectores administrativos y el Departamento de Humanidades de la Universidad Nacional del Sur. Es de hormigón armado con dos subsuelos, planta baja y nueve pisos. Apenas terminado el esqueleto de hormigón, se canceló el proyecto y se cedió la obra a la provincia de Buenos Aires [11].

Los valores de resistencia a la compresión, para los elementos estructurales estudiados no arrojaron diferencias significativas, mientras que la profundidad de carbonatación sí. El microclima fue la variable que más afectó el avance de la carbonatación, en particular, el contenido de humedad que rodea a la superficie del hormigón. La elección de los materiales y el proyecto de las mezclas fue el adecuado para esta estructura, pero una falla en el cálculo o un cambio de destino en el proyecto original, generó la necesidad de aumentar la sección de ciertas columnas mediante un zunchado para cubrir un nuevo requerimiento estructural. A causa de una mala ejecución en las tareas de reparación, el hormigón de esta nueva capa quedó pobremente adherido a la sección original.

La exposición del esqueleto de hormigón al medio ambiente debido a la ausencia de cerramientos, permitió que algunas zonas se encontraran sometidas a ciclos de humedecimiento-secado con circulación de agua de lluvia por la superficie de vigas y acumulación de agua en algunas losas. Esto

provocó la corrosión de las armaduras de refuerzo y la consecuente fisuración, delaminación y desprendimiento del hormigón de recubrimiento.

El deterioro por corrosión se observó especialmente en vigas ubicadas en cercanías al hueco de escalera, mientras que las vigas protegidas del escurrimiento del agua de lluvia se encontraron en buenas condiciones.

La falta de mantenimiento, en especial la tarea de limpieza, permitió la acumulación de detritus de aves y el correspondiente ataque ácido al hormigón.

### 3. Autovía de acceso a la ciudad de Bahía Blanca:

La autovía de acceso a la ciudad de Bahía Blanca fue construida en el año 1995 y está constituida por pavimento rígido con una extensión de 3 km. En el transcurso de su vida en servicio, se han registrado cierre de juntas de contracción, fracturas de placas, levantamientos de losas durante el período estival y desarrollo de reacción álcali-sílice [12].

Los ensayos físico-mecánicos realizados sobre el hormigón muestran un material de calidad aceptable, con resistencias a la compresión adecuadas para este tipo de estructuras.

Si bien se identificaron especies deletéreas en la composición petrográfico-mineralógica de los agregados (cuarzo con extinción ondulante y rocas volcánicas con pastas vítreas), no se observaron evidencias del desarrollo de reacciones expansivas.

Durante el período estival, el pavimento de hormigón sufrió dilataciones debido a las elevadas temperaturas, las que se vieron restringidas por la acumulación de material granular incompresible dentro de las juntas. Esta restricción al desplazamiento originó fuerzas de compresión sobre el plano de las mismas, generando el levantamiento (blow up) y la rotura de placas contiguas a la junta.

### 4. Pavimentos urbanos:

Se relevaron 291 cuadradas de pavimento rígido de diferentes sectores de la ciudad de Bahía Blanca y se recavaron datos sobre la edad de construcción, espesor de losa, características de la base, estado de conservación (fisuras, grietas, levantamientos) y existencia de juntas de contracción y dilatación [13].

Más de la mitad de los pavimentos relevados (53%) se construyeron en la década del '70. Las losas presentaron espesores entre 15 y 17 cm. La mayoría de las bases estaban conformadas por suelo compactado, tosca cemento (10 cm) y estabilizado granular compactado. Los principales síntomas patológicos observados en los pavimentos rígidos son: estrechamiento de juntas, desarrollo de fisuras, grietas, hundimiento y levantamiento de losas, desgaste por abrasión superficial y cortes transversales debidos a cruces de servicios mal reparados. Algunos de los pavimentos estudiados presentaron signos de reacciones deletéreas tipo reacción álcali-sílice.

Del total de metros cuadrados de hormigón relevados, se determinó que el 18% se encuentra en mal estado de conservación. Solo el 29% de las juntas de contracción, están tomadas y de éstas, el 59% se hallan en mal estado.

## 5. Nave industrial:

La nave industrial de 2400 m<sup>2</sup> de superficie y 12,5 m de altura, está constituida por bases, columnas y vigas de hormigón y una cubierta metálica. La estructura sufrió un incendio por un período aproximado de tres horas, el cual se desarrolló con mayor intensidad en la zona central del interior de la nave [14].

El material contenido en este establecimiento industrial consistía en envases plásticos (PET polietilen tereftalato) y sus respectivos esqueletos (polietileno) para el transporte. El primero de estos materiales se caracteriza por ser autoextinguible, es decir, se apaga cuando se retira la fuente de calor, su propagación a la llama es débil y su combustión lenta; mientras que el segundo es fácilmente combustible.

Luego del incendio se realizó un relevamiento visual del estado de la estructura y se observaron signos de deterioro como: ladrillos cerámicos de la mampostería partidos, cambios de coloración en la superficie de algunas columnas, fisuras coincidentes con la dirección de las armaduras, desprendimiento del hormigón de recubrimiento, barras de refuerzo a la vista y se hallaban colapsadas las cabreadas y chapas del techo.

El incendio generado en el interior de la nave industrial afectó la resistencia mecánica de las columnas de hormigón, observándose una pérdida del orden del 50% en las ubicadas en el centro, respecto a las más alejadas del foco de fuego.

Mediante microscopía óptica se evidenció la alteración de algunos agregados, el desarrollo de microfisuras y el debilitamiento de la zona de interfase, evidencias de un proceso deletéreo debido a las elevadas temperaturas a las que fue expuesto el hormigón.

## 6. Puentes sobre la ruta provincial N° 51:

Se estudió un sector de la ruta provincial N° 51, a unos 60 km de la ciudad de Bahía Blanca, en la zona denominada “Bajo San José” o “7 puentes”, en el límite entre los Partidos de Bahía Blanca y Coronel Pringles (Prov. de Buenos Aires). Fueron construidos a mediados de la década del '50 y están emplazados sobre el río Sauce Grande y su valle de inundación. A fines del 2006, se llevó a cabo un relevamiento visual y muestreo del hormigón de pilas, vigas, superficie de rodamiento y estribos de los siete puentes, inclusive uno antiguo de vigas metálicas, con estribos de hormigón, construido en la década del '30, que se encuentra fuera de servicio [15].

Se observaron varios muros de vuelta totalmente separados de estribos, debido a una incorrecta vinculación, lo que permitió que cedieran ante la presión del terraplén. El reemplazo de las alas deterioradas fue diseñado para trabajar en forma independiente de los estribos.

El máximo espesor de recubrimiento de armaduras medido fue de 30 mm y el mínimo, de 10 mm. Esta situación genera una condición riesgosa, ya que es el recubrimiento del hormigón el que le provee una barrera física a las armaduras contra la penetración de agentes agresivos desde el exterior.

Un inadecuado diseño de los drenajes que no facilitan la rápida evacuación del agua de lluvia, permitió que algunas zonas se encontraran sometidas a ciclos de humedecimiento-secado, con circulación de agua por la

superficie de vigas y pilas de hormigón. Esto provocó un estado de corrosión generalizada en las armaduras de refuerzo y la consecuente fisuración, delaminación y desprendimiento del hormigón de recubrimiento. Las vigas interiores, que no sufrieron procesos de mojado y secado, se encontraron en buenas condiciones

Las muestras de hormigón evidenciaron una notable porosidad, lo que facilitó el ingreso de oxígeno y humedad, acelerando el proceso de corrosión de las armaduras despasivadas en un proceso previo de carbonatación.

#### 7. Dique Paso de las Piedras:

En el año 1968 se resolvió la construcción de un dique y embalse sobre el río sauce Grande en Paso de las Piedras, con un acueducto a la ciudad de Bahía Blanca, para el abastecimiento de agua potable. Simultáneamente y con los mismos materiales, se realizó el camino de acceso desde la Ruta Provincial N° 51, con una extensión de 6 Km [16].

El dique Paso de las Piedras es una represa de tierra con revestimiento de hormigón, de 1706 m de largo y 31 m de alto. Desde que comenzó el llenado presentó serios problemas, ya que la fundación se asentó sobre un paleocauce de conglomerados cuarcíticos de alta permeabilidad. Comenzaron a manifestarse severos problemas en su estructura por la aparición de fisuras en la sala de bombeo y filtraciones e inestabilidad al pie de la presa. Se morigeró el problema de filtraciones, haciendo una losa de hormigón aguas arriba que se extendió a lo largo del frente del cierre y unos 200 metros de ancho. Si bien las filtraciones disminuyeron, el agua de los piezómetros se mantenía con turbidez, haciendo prever un desmejoramiento del sustrato por eliminación del material fino, que con el tiempo podría ocasionar el colapso del dique. En el año 1998, se resolvió la impermeabilización del frente del cierre, mediante la incorporación de una pantalla de hormigón para evitar el arrastre de sedimento en la base, utilizando el método “jet grouting”, lo que disminuyó notablemente la infiltración. Los equipos de perforación y tratamiento fueron instalados sobre al camino de coronamiento del dique que había sido diseñado para una intensidad de tránsito baja. Esta situación generó un estado de carga no previsto en el diseño original.

El pavimento del camino de acceso a la presa, realizado con los mismos materiales que ésta, también ha sido reparado en distintas oportunidades, debido al levantamiento de placas y/o fracturamiento de la carpeta. Se verificó la ausencia de material sellador entre paños contiguos de losas, permitiendo el ingreso de agua hacia la base y la falta de mantenimiento, evidenciada por el crecimiento de vegetación.

#### 8. Aeropuerto Comandante Espora:

La pista del aeropuerto de la ciudad de Bahía Blanca está ubicada en jurisdicción de la Base Aeronaval Comandante Espora y fue construida en el año 1962. La pista de aterrizaje está constituida por pavimento flexible mientras que las dos cabeceras y las plataformas de estacionamiento de los helicópteros, por pavimentos rígidos. Estas últimas fueron construidas en una etapa posterior (1985) y reparadas en varias oportunidades. Se estudiaron las dos cabeceras de la pista de aterrizaje, la plataforma de arribo de los aviones



militares y las plataformas de estacionamiento de los helicópteros. Algunos sectores presentaban cierto grado de deterioro, presencia de fisuras, agregado grueso expuesto con falta de terminación superficial, y juntas sin sellar con sus bordes rotos. En cambio, otras losas se encontraban en perfecto estado de conservación [17].

El pavimento de las cabeceras presenta muy buen estado de conservación, mientras que el hormigón de las plataformas de aterrizaje de los helicópteros presenta evidencias de deterioro debido a la falta de mantenimiento de las juntas. Esto permitió el ingreso de agua a la base, y en posteriores ciclos de humedecimiento y secado se produjo la fuga de suelo y la socavación de la losa. Esta modificación del estado de sollicitación hizo que frente a las cargas, la losa de hormigón simple falle por flexión, a pesar que los valores de resistencia a la compresión son acordes para el tipo de estructura.

Un mal curado del hormigón ubicado en una zona de clima agresivo, produjo en algunas losas un estado de fisuración por retracción plástica. Una excesiva exudación generó zonas con piedras expuestas y falta de lisura superficial.

#### 9. Ruta de circunvalación a la ciudad de Bahía Blanca:

Se estudió el pavimento de hormigón del camino de circunvalación de la ciudad de Bahía Blanca, realizado en dos etapas constructivas: la primera entre los años 1988 y 1990, y la segunda en el año 1993. Se relevó un tramo de aproximadamente 15 km, dividido en cuatro sectores, algunos de los cuales presentaban un avanzado estado de deterioro [18].

El hormigón correspondiente a la primera etapa constructiva se encuentra en buen estado de conservación. El hormigón de la segunda etapa (sectores 1, 2 y parte del 3), presenta evidencias de desarrollo de reacción álcali-sílice (RAS), debiendo ser calificado como avanzado en el sector 1, moderado en el sector 2 e incipiente en la parte afectada del sector 3. Se identificaron productos de neoformación y se observaron coronas de reacción en clastos reactivos, principalmente de rocas volcánicas vítreas.

Este comportamiento diferencial se debe por un lado, a la diferente composición del agregado fino y por otro, a las características del medio ambiente. En el hormigón de la etapa 2 se utilizó una arena con abundante contenido de especies deletéreas (vidrio volcánico y pastas vítreas de las rocas volcánicas). El sector 4 corresponde a una de las zonas más altas de la región y la parte sana del sector 3 está sobre un puente elevado que cruza otra carretera, con buen drenaje que impide la acumulación de agua de lluvia, mientras que los sectores deteriorados se encuentran en zonas bajas, con escurrimiento lento, lo que hace que el agua permanezca sobre el pavimento durante períodos más prolongados de tiempo, es especial en los meses de otoño y primavera que son los más lluviosos.

Deficiencias en las técnicas constructivas y en los programas de mantenimiento, colaboraron para generar un estado de fisuración en algunos de los sectores estudiados. Esta patología favoreció el ingreso de agua, promoviendo la aparición de otro tipo de patología como la RAS.

## 10. Viaducto en Ing. White:

En la década del ochenta se construyó, en el puerto de Ing. White, la Central Termoeléctrica Luis Piedrabuena y su respectivo muelle, el cual comenzó sus operaciones en el año 1986. El muelle está vinculado a tierra firme a través de un viaducto de hormigón armado de 780 m de longitud y 10 m de ancho. Estructuralmente está constituido por un tablero, cinco vigas prefabricadas en tramos continuos de 20 m de luz, que transmiten la carga a dos pilotes encamisados de 1,10 m de diámetro con su respectivo cabezal [19].

Se observaron signos de deterioro tales como: fisuras coincidentes con las armaduras pasivas y otras con trayectorias aleatorias; óxidos lixiviados de tonalidad rojiza, que teñían la superficie; desprendimiento del recubrimiento y armaduras a la vista; pérdida del mortero con exposición del agregado grueso. Se observaron partículas fracturadas, con fisuras que se continuaban en el mortero, y otras con coronas de reacción en la interfase con la pasta cementicia. La parte de la estructura que presentaba mayores signos de deterioro (cabezales de pilotes) está ubicada en zona de salpicaduras.

En todas las muestras, los valores de porosidad son elevados, e indican un hormigón que verá comprometida su durabilidad debido a la facilidad que presenta el ingreso de sustancias nocivas desde el medio exterior, en particular, de cloruros ya que se trata de un ambiente marino. La carbonatación se presenta en mayor profundidad en la zona de salpicaduras. En algunos casos este proceso supera el espesor del recubrimiento que es de 20 mm.

El insuficiente espesor de los recubrimientos, para el grado de exposición de la estructura, y la elevada porosidad del hormigón, favorecieron la penetración de cloruros que generaron un proceso de corrosión en el acero.

Además, la presencia de agregados potencialmente reactivos, generó el desarrollo de reacción álcali-sílice. La presencia de aluminosilicatos (zeolitas), sílice criptocristalina libre y ettringita, son claras evidencias del desarrollo de la RAS. Los agregados potencialmente reactivos son las rocas volcánicas con pastas vítreas del agregado grueso y fino, y la calcedonia y el vidrio volcánico de la arena.

Si bien todos los hormigones muestran evidencias del desarrollo de RAS, ésta se intensifica en las zonas de salpicaduras como consecuencia del incremento de la humedad en el hormigón.

El microclima jugó un rol importante en el deterioro de la estructura, ya que la zona más afectada es la de mojado y secado. Tanto los valores de velocidad de absorción y succión capilar como los de carbonatación, superan en más del doble a los obtenidos para la zona seca.

El contenido de cloruros totales y libres (solubles en agua) para cada una de las profundidades evaluadas, son similares. Desde el punto de vista de la durabilidad de las armaduras de refuerzo, un elevado porcentaje de cloruros libres es la situación más comprometida, ya que son éstos los que están disponibles para participar del proceso corrosivo de las armaduras. En lo que respecta al perfil de ingreso de cloruros, se observa una concentración mayor en la superficie que en el interior, lo cual confirmaría la existencia de un proceso de difusión.

## 11. Espigones en Monte Hermoso:

La ciudad balnearia de Monte Hermoso está situada sobre la costa atlántica, en el SO de la Provincia de Buenos Aires, a unos 110 km de la ciudad de Bahía Blanca. A principios de los '70, se construyeron dos espigones mediante el hincado de pilotes de hormigón armado: el denominado "espigón Oeste" diseñado para la actividad pesquera, y el "espigón Este" para el desagüe de los efluentes de la planta depuradora cloacal. Se construyeron mediante el hincado de pilotes de hormigón armado de 0,50 m de diámetro, que sostenían una estructura de 230 m de longitud y 4 m de ancho [20].

En el transcurso de su vida útil, la obra fue deteriorándose rápidamente, y ya en el año 1978 comenzaron a presentarse problemas. Se realizó una reparación parcial de los pilotes mediante encamisado de hormigón simple de 7 cm de espesor y, en algunos casos, un zuncho metálico de 12 cm de ancho, solución errónea, ya que el proceso de corrosión de las armaduras siguió generando tensiones en el hormigón y al poco tiempo, el propio encamisado se agrietó y desprendió. Los cabezales de pilotes y vigas superiores de ambos espigones también sufrieron un proceso corrosivo muy significativo, por lo que en el año 2003 se clausuró definitivamente. En el 2008, luego que colapsara un tramo de vigas laterales, se decidió la demolición de ambos espigones.

En el relevamiento se pudo observar que la mayoría de los pilotes presentaban fisuras y grietas longitudinales, algunas con más de 4 cm de espesor. En varios pilotes se produjo el desprendimiento del hormigón de recubrimiento debido al proceso corrosivo de sus armaduras, dejando a la vista la reducción de las secciones de las barras y en algunos casos, su ausencia total. Inclusive, tal deterioro se produjo en aquellos pilotes que fueron reparados mediante un encamisado de hormigón simple y en algunos casos, con un zunchado metálico.

También fue posible apreciar un proceso de alteración del hormigón de recubrimiento en vigas y losas. En algunos casos se observó la ausencia total de mortero cementíceo, dejando al agregado grueso expuesto y sin pasta que lo aglutine. Algunas vigas presentaban "nidos de abeja" o coqueras, a causa de un mal llenado de encofrados y/o una insuficiente compactación del hormigón.

Los valores de porosidad como así también de densidad, indican un hormigón de baja calidad que ha favorecido el ingreso de cloruros en el hormigón endurecido, desde el ambiente exterior. La arena utilizada en el hormigón de ambos espigones es de origen marino y con características litológicas similares a la de la playa de Monte Hermoso. Al utilizar la arena de playa como agregado fino, se han incorporado cloruros en la mezcla fresca y parte de éstos han sido fijados por los compuestos del cemento hidratado. Dado que el contenido de cloruros totales y libres en todas las muestras estudiadas es similar, es posible concluir que se ha producido una liberación de cloruros ligados debido a la pérdida de alcalinidad por carbonatación y/o por la presencia de sulfatos, los que fueron identificados por DRX. Los cloruros determinados experimentalmente en el hormigón, indican que se hallan en cantidades significativas, para despasivar las armaduras y dar inicio al proceso corrosivo [20].

En ambos espigones se ha corroborado que el sector más deteriorado de los pilotes coincide con la zona de salpicaduras, mientras que el sector de hincado es el que se ha mantenido en perfecto estado de conservación debido

a la deficiencia en la cantidad de oxígeno necesario para el desarrollo del proceso corrosivo.

## 12. Estructura Av. Argentina en Monte Hermoso:

Se realizó un relevamiento en una estructura de hormigón armado cuya entrada está ubicada en la primera calle paralela a la costanera, es decir a 100 metros de la línea de costa. La construcción comenzó en 1985 y en su proyecto original el edificio fue diseñado con un subsuelo, planta baja y seis pisos, pero a mediados de 1989 la construcción fue suspendida por lo que solo se terminó el esqueleto de hormigón hasta el primer nivel de pisos. Desde entonces el hormigón de columnas, vigas y losas se encuentra a la intemperie, en línea directa con la brisa marina ya que no existe ninguna construcción que se interponga entre el edificio y la línea de costa.

Las vigas, losas y columnas internas se encontraban en buen estado de conservación, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde su ejecución. Aquellas zonas que sufrieron la acción del escurrimiento del agua de lluvia, por ejemplo las vigas del hueco de la escalera, mostraban signos de un proceso de corrosión avanzado con desprendimiento del hormigón de recubrimiento y la armadura de refuerzo expuesta. Se constató la acumulación de agua de lluvia en los sectores de bajo-losa del primer piso. Esta situación generó un microclima de elevada humedad que favoreció el proceso de corrosión de las armaduras. Sobre la superficie inferior de las losas de ese sector, se observó un avanzado estado de deterioro, con eflorescencias, manchas de óxidos de hierro, mallas de acero corroídas a la vista, fisuración y desprendimiento del hormigón de recubrimiento. Algunos elementos estructurales presentaban “nidos de abeja” o coqueras, a causa de un mal llenado de encofrados y/o una insuficiente compactación del hormigón.

El escaso espesor de los recubrimientos y la elevada porosidad del hormigón, favorecieron la penetración de cloruros y la consecuente corrosión del acero. Esto se manifiesta en un elevado cuadro de fisuración, exudación de productos de corrosión y desprendimiento del hormigón superficial.

Los cloruros determinados experimentalmente en el hormigón, indican que se hallan en cantidades significativas como para despasivar las armaduras y dar inicio al proceso corrosivo.

La falta de mantenimiento de la estructura produjo una situación no prevista en relación a la acumulación de agua de lluvia en los bajo-losas y escurrimiento en los huecos de escalera. Esta disponibilidad de humedad constante favoreció el proceso de corrosión generado por la presencia de cloruros.

Los mayores valores de cloruros totales corresponden al hormigón de las muestras tomadas en planta baja, mientras que los más bajos corresponden al hormigón de las muestras del primer piso. En los tres niveles analizados se verificó un menor contenido de cloruros totales en el hormigón de los elementos estructurales internos, es decir, los más protegidos del viento sur, responsable de llevar los iones cloruros desde el mar al sector continental. Estos resultados concuerdan con trabajos previos sobre estructuras emplazadas en la provincia de Buenos Aires, cerca de la costa Atlántica [9], e indican que la altura y la superficie expuesta al mar, tienen una significativa influencia en la penetración de cloruros en el hormigón. Cuando no existen

obstáculos entre una estructura y el mar, se registran mayores contenidos de cloruros en los niveles inferiores de una edificación.

En la Tabla 2 se resumen las manifestaciones patológicas observadas y sus respectivas causas, clasificadas en cinco grupos, de acuerdo a la etapa del proceso constructivo en la que se verificó la falla o el error.

Tabla 2: manifestaciones patológicas y sus respectivas causas.

OBRA	MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS	CAUSAS
<b>Canal Maldonado</b>	Fisuras, falta material sellador en juntas y rellenas con material granular, socavación de losas.	Falta mantenimiento. Cambio de las condiciones de proyecto.
<b>Estructura Centro</b>	Corrosión, biodeterioro y ataque ácido.	Fallas de ejecución.
<b>Autovía acceso ciudad</b>	Levantamiento de placas, dilatación por elevadas temperaturas, falta material sellador en juntas y rellenas con material granular.	Fallas de diseño. Falta de mantenimiento.
<b>Pavimentos urbanos</b>	Levantamiento de placas, fisuras, falta material sellador en juntas y rellenas con material granular, cortes de servicio mal reparados. Coronas de reacción adjudicados a la RAS.	Errores de proyecto. Falta mantenimiento. Error en la elección de los materiales.
<b>Nave Industrial</b>	cambios de coloración, fisuras coincidentes con la dirección de las armaduras, desprendimiento del hormigón de recubrimiento, barras de refuerzo a la vista.	Daño accidental
<b>Puentes Ruta Prov. N° 51</b>	Fisuras, delaminación, corrosión por carbonatación y lixiviación de compuestos cálcicos, biodeterioro.	Fallas de ejecución. Errores de proyecto.
<b>Dique Paso de las Piedras</b>	Levantamiento de placas, fisuras, falta material sellador en juntas y rellenas con material granular. Compactación deficiente, socavación de losas. Sobrecarga no contemplada en el diseño original.	Cambio de uso. Fallas de ejecución.
<b>Aeropuerto Comandante Espora</b>	Fisuras, abrasión, falta material sellador en juntas y rellenas con material granular. Compactación deficiente, socavación de losas.	Fallas de ejecución. Falta de mantenimiento.
<b>Ruta de Circunvalación</b>	Levantamiento de placas, fisuras con una dirección preponderante y otras en tres direcciones, falta material sellador en juntas y rellenas con material granular. Compactación deficiente, socavación de losas. Exudados y coronas de reacción adjudicados a la RAS.	Fallas de ejecución. Error en la elección de los materiales. Falta de mantenimiento.
<b>Viaducto en Ing. White</b>	Fisuras con una dirección preponderante y otras en tres direcciones, delaminación del hormigón de recubrimiento, óxidos lixiviados, corrosión por cloruros. Agregado grueso expuesto con pérdida de mortero. Coronas de reacción adjudicados a la RAS.	Fallas de diseño. Error en la elección de los materiales.
<b>Espigones en Monte Hermoso</b>	Fisuras y grietas, delaminación del hormigón de recubrimiento, óxidos lixiviados, corrosión por cloruros. Agregado grueso expuesto con pérdida de mortero, agresión fisicoquímica de sulfatos. Deficiente compactación.	Errores de proyecto. Fallas de ejecución. Error en la elección de los materiales.
<b>Estructura Monte Hermoso</b>	Fisuras y grietas, delaminación del hormigón de recubrimiento, óxidos lixiviados, corrosión por cloruros. Deficiente compactación.	Fallas de ejecución. Errores de proyecto.

Del análisis global de los resultados surge que el 58% de las estructuras analizadas presentan evidencias de deterioro debido a fallas en la etapa de ejecución y el 50% en la etapa de proyecto o diseño. También en el 50% de las obras aparecen fallas en la etapa de uso y mantenimiento. Le sigue en importancia la mala elección de materiales en un 33%, asociada en la mayoría

de los casos a errores de proyecto. El 8% de las estructuras relevadas presentaron fallas asociadas con daños accidentales o siniestros.

En la Tabla 3 se resumen las diferentes causas de deterioro para cada una de las obras analizadas con la siguiente nomenclatura: P: fallas en la etapa de proyecto; E: fallas en la etapa de ejecución; M: fallas en la etapa de uso y mantenimiento; Mat.: elección inadecuada de materiales; Acc.: fallas debido a accidentes o siniestros. En la última columna de la tabla, se indica una sola causa de deterioro, adjudicada como desencadenante principal del daño.

Tabla 3: Causas de deterioro de las obras analizadas

OBRA	P	E	M	Mat.	Acc.	Causa Principal
Canal Maldonado						M
Estructura Centro						E
Autovía acceso ciudad						P
Pavimentos urbanos						P
Nave Industrial						Acc.
Puentes Ruta Prov. N° 51						P
Dique Paso de las Piedras						E
Aeropuerto Cte. Espora						E
Ruta de Circunvalación						Mat.
Viaducto en Ing. White						Mat.
Espigones Monte Hermoso						P
Estructura Monte Hermoso						P

Teniendo en cuenta las causas principales de deterioro en cada una de las obras estudiadas, se recalcularon los porcentajes de distribución de fallas según las diferentes etapas del proceso constructivo: fallas en la etapa de proyecto 42%; en la etapa de ejecución 25%; en la etapa de uso y mantenimiento 8%; debido a materiales 17% y por accidentes o siniestros 8%. En la Fig. 1 se grafican los resultados obtenidos.

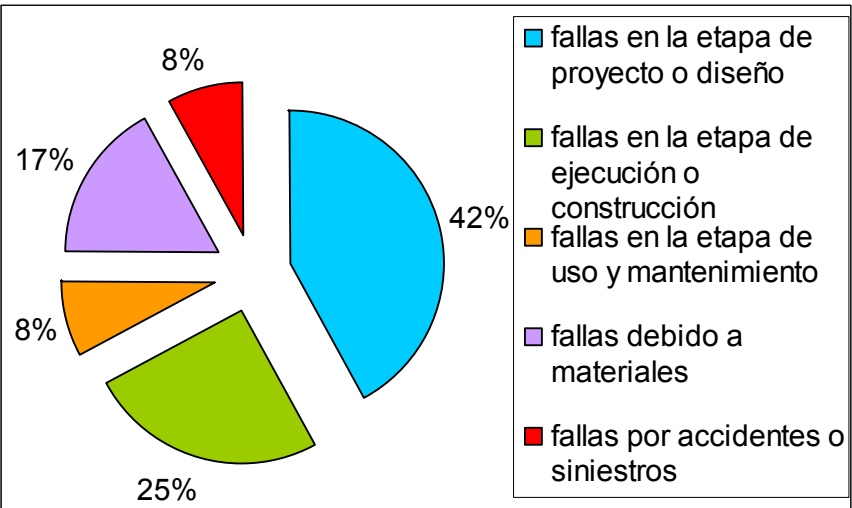


Figura 1: Causas principales de deterioro

En las Fig. 2 y 3 se muestran el estado de conservación de cada una de las estructuras relevadas y alguna de las principales manifestaciones patológicas observadas.

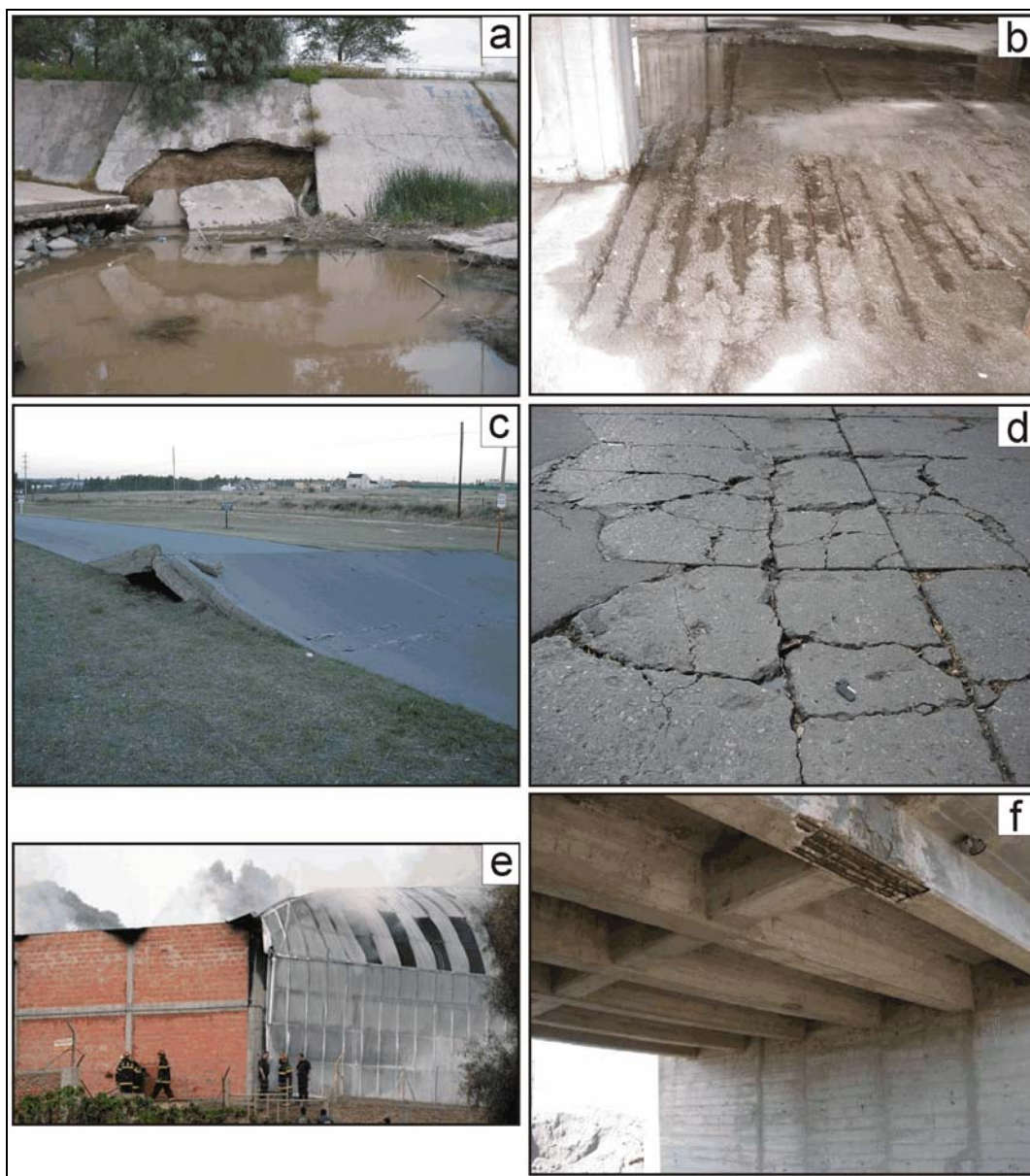


Figura 2: a. Canal Maldonado. b. Estructura centro. c. Autovía de acceso a la ciudad. d. Pavimentos urbanos. e. Nave industrial. f. Puentes sobre ruta provincial N° 51.



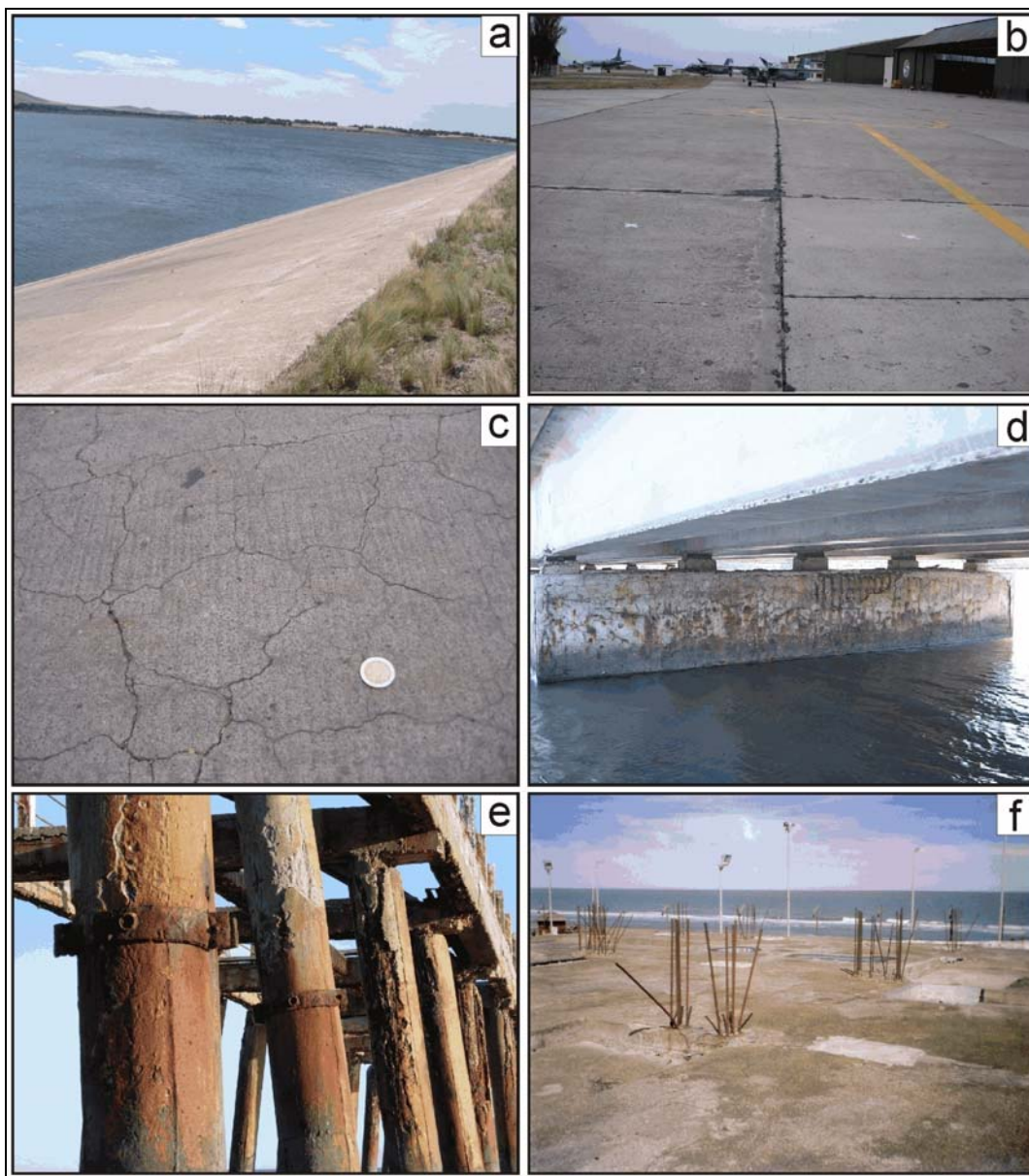


Figura 3: a. Dique Paso de las Piedras. b. Aeropuerto Comandante Espora. c. Ruta de circunvalación. d. Viaducto Ing. White. e. Espigones Monte Hermoso. f. Estructura Monte Hermoso.

## Discusión

De acuerdo a los estudios realizados en estructuras ubicadas en la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia, queda claramente de manifiesto la elevada incidencia que tienen los errores que se cometen en las etapas de proyecto y ejecución sobre el comportamiento en servicio de las mismas.

Las obras bien diseñadas y con una buena ejecución se pueden deteriorar prematuramente por falta de mantenimiento, como fue visualizado en



la mayoría de los pavimentos urbanos y rurales estudiados, siendo este aspecto más importante que la carga ambiental. El mantenimiento es el factor que tiene menor incidencia en el costo total de una obra y sin embargo, es el que menos se cumple y el que se encontró con mayor frecuencia en los casos evaluados. En toda estructura, tanto el mantenimiento correctivo como el preventivo, son esenciales para que el hormigón continúe satisfaciendo los requerimientos de durabilidad previstos durante toda su vida útil.

Los resultados obtenidos son semejantes a los publicados en un estudio realizado en la Argentina entre los años 1975 y 1990 [8], salvo los ítems proyecto y materiales. Este último tiene un valor mucho más elevado (44%) que podría deberse a diferentes criterios de clasificación, por ejemplo la inclusión en la causa materiales, de sub-causas como: corrosión de armaduras, características inadecuadas del hormigón y durabilidad. En el presente estudio, en la causa materiales se incluyó exclusivamente, el empleo de materiales inadecuados.

## **Conclusiones**

- De los estudios realizados puede plantearse que el deterioro prematuro de las estructuras de hormigón, emplazadas en diferentes ambientes, es cada vez mayor, a pesar de los avances en el conocimiento de las causas que provocan su degradación. Del análisis de los problemas de durabilidad en los casos estudiados, se observa la falta de aplicación de los conocimientos tecnológicos disponibles.
- Las deficiencias en la calidad de las estructuras, a consecuencia de errores de proyecto, de ejecución, mala elección de materiales o falta de mantenimiento, no pueden ser eliminadas ni compensadas por el empleo de mayores coeficientes de seguridad en el cálculo estructural. Los problemas de durabilidad del hormigón armado deben ser adecuadamente previstos, adoptando los recaudos del caso en función del ambiente de exposición de la estructura.
- Se considera necesario, entonces, en base a la información disponible, incrementar el control en todas las etapas, haciendo una correcta elección de materiales y un proyecto acorde al fin, teniendo en cuenta el ambiente donde estará emplazada la obra, verificando la correcta ejecución de acuerdo a lo proyectado y realizando un programa de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura. Inclusive, puede preverse hasta el cambio de algunos elementos estructurales que sean afectados por problemas de durabilidad, en particular, por corrosión de armaduras o acción del agua de mar. Este criterio debe estar implícito en el diseño de la estructura, definiendo los elementos más críticos frente al medio de exposición.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Departamento de Ingeniería, Departamento de Geología y a la SECyT de la Universidad Nacional del Sur, a la CIC de la Prov. de Buenos Aires y al CONICET por el apoyo brindado para el desarrollo de estas investigaciones.

## Referencias

- [1] J. Calavera: *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado*. INTEMAC, Madrid, España. (2005) Tomo 1, p. 372.
- [2] A. Neville: *Consideration of durability of concrete structures: Past, present and future*. Materials and Structures. (2001) Vol. 34, 114-118.
- [3] J. Vieitez Chamosa y J. Ramírez Ortiz: *Patología de la Construcción en España: Aproximación Estadística*. Resumen de Tesis Doctoral. Informes de la Construcción, Madrid. (1984). Vol. 36, n1364, p. 5-15.
- [4] Grupo Español Del Hormigón (GEHO). Encuesta sobre patología de estructuras de hormigón. Boletín GEHO, N° 10. (1992).
- [5] A. del Río Bueno: *Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación*. E.T.S. Arquitectura (UPM), Madrid, España. (2008), p. 80.
- [6] A. Carmona y A. Marega: *Retrospectiva da Patologia no Brasil. Estudio Estadístico*. Jornadas en Español y Portugués sobre Estructuras y Materiales, Madrid. (1988), Vol. VI, 100-124.
- [7] S. Lima Dórea y L. Ferreira e Silva: *Estudo sobre índices de patologías das construções – paralelo entre a situação mundial e a brasileira*. V Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones y VII Congreso de Control de Calidad (CONPAT 99), Montevideo, Uruguay. (1999), 610-616.
- [8] A. Di Maio, L. Traversa y J. Sota: *Patología de estructuras de hormigón. Análisis de algunos de los casos más relevantes ocurridos en la Argentina en los últimos años*. III Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones y V Congreso de Control de Calidad (CONPAT 95). La Havana, Cuba. (1995).
- [9] A. Di Maio, L. Lima, y L. Traversa: *Chloride profiles and diffusion coefficients in structures located in marine environments*. Structural Concrete. (2004), Vol. 5, Issue 1, 1-4.
- [10] L. Señas, C. Priano, P. Maiza y S. Marfil: *Evaluación del deterioro en el hormigón del canal aliviador "Maldonado" (Bahía Blanca, Argentina)*. Simposio Internacional FIB (Federación Internacional del Hormigón). El Hormigón Estructural y el Transcurso del Tiempo. La Plata, Argentina. Vol. 1. (2005), 283-290.
- [11] C. Priano, P. Leonardo, L. Señas y S. Marfil: *Biodeterioro en estructuras de hormigón en ambientes urbanos, rurales y marinos de la Prov. de Bs. As.* III Congreso Internacional. 17ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Córdoba (2008), 241-248.
- [12] P. Maiza y S. Marfil: *Estallido de una placa de hormigón en una autopista de la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires - Argentina)*. IX Congreso Latinoamericano de Patología y XI Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Quito. Ecuador. (2007), p. 8.
- [13] C. Priano y S. Marfil: *Evaluación del estado de conservación de pavimentos de la ciudad de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As.)*. XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito - VIII Congreso Internacional ITS. Mar del Plata, (2009).
- [14] L. Señas, P. Maiza, C. Priano, S. Marfil y J. Valea: *Evaluación de elementos estructurales de hormigón expuestos a un incendio*. VI Congreso

Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. CINPAR Córdoba. (2010), p. 12.

[15] C. Priano, P. Maiza, L. Señas y S. Marfil: *Evaluación del estado del hormigón de 7 puentes ubicados en el Bajo San José, sobre la ruta Provincial Nº 51 (Buenos Aires)*. 7º Congreso de Metalurgia y Materiales. San Nicolás. (2007), 926-931.

[16] C. Priano, L. Señas, S. Marfil y P. Maiza: *Estudio del pavimento de hormigón de la ruta de acceso al Dique Paso de las Piedras (Partido de Cnel. Pringles, Prov. de Buenos Aires, Argentina)*. 1er. Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Asunción, Paraguay (2007), p. 7.

[17] C. Priano, S. Marfil y L. Señas: *Evaluación del deterioro del hormigón de las cabeceras de pista de la Base Aeronaval Comandante Espora. (Bahía Blanca, Argentina)*. IX Congreso Latinoamericano de Patología y XI Congreso de Control de Calidad en la Construcción Quito. Ecuador. (2007), p. 8.

[18] C. Priano, S. Marfil y L. Señas: *Ruta de circunvalación a la ciudad de Bahía Blanca. Evaluación del deterioro del pavimento de hormigón*. 16º Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Mendoza. (2006), 307-314.

[19] L. Señas, P. Maiza, C. Priano y S. Marfil: *Patologías desarrolladas en una estructura de hormigón en zona marítima*. VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. CINPAR Córdoba. (2010), p. 14.

[20] C. Priano, L. Traversa, S. Marfil y A. Marcos: *Evaluación del hormigón de los espigones del balneario Monte Hermoso (Prov. de Buenos Aires)*. VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. CINPAR Córdoba. (2010), p. 13.